

結合 PSTN、Internet 與 ZigBee 之電話交換機系統

蔡亮宙
南臺科技大學電機工
程系
ljtsai@mail.stust.edu.tw

柯秉睿
南臺科技大學電機工
程系
s49728007s@gmail.com

陳冠宇
南臺科技大學電機工
程系
tasean833@gmail.com

摘要

基於現代科技的快速發展，許多無線網路智慧型設備都被開發出來，而智慧家庭之家庭自動化系統更是其中很重要的需求市場。本文實做一個多功能的公司或家庭用交換機系統；它整合了 PSTN、Internet 及 ZigBee 網路，以電話交換機為主體來結合 Internet 與 ZigBee 網路設備，使不同協定的封包可以無縫的開道到不同網路系統中，讓傳統語音電話裝置不只可以用來與 SIP (Session Initiation Protocol) 協定的網際網路電話互通，也可用來控制市面上為數不少符合 HA(Home Automation)標準的 ZigBee 電器裝置，整合了不同的通訊網路設備於控制系統當中。我們使用 Zigbee 來做為一個主要連結設備的主要媒介，面對人手一機的時代，可以使用 SIP 來連結到 Zigbee 做控制，讓話機也可以用來控制家電設備，不管男女老少，只要使用傳統話機打電話即可輕鬆地語音通訊與家電控制。

關鍵詞：Asterisk、Zigbee、SIP。

Abstract

Due to rapid development of modern technologies, many intelligent devices are implemented for convenience and assistance reasons. This motivation pushes more and more market share since their influences of living quality. The paper describes a telephone exchange system implemented for companies as well as families. It combines traditional PSTN (Public switched telephone network), Internet and ZigBee networks. Acting as a telephone exchange system, it

seamlessly switches information between networks of different protocols, and therefore combining the features of traditional phone call, SIP (Session Initiation Protocol) call and house controlling of electric appliances. Users can make a phone call from a traditional phone to users using internet SIP phone. Also, people can remotely make a traditional phone call to control devices at home such as lights or air conditioner. Zigbee HA (Home Automation) protocol is adopted in the paper for its maturity and popularity. There are many existed Zigbee HA home devices that can be tested in the paper. We consider methodology of communication and control shall be as simple as possible. Therefore, regardless of different network protocols, this paper emphasizes that communication and control can be as simply as making a call.

Keywords: Asterisk、Zigbee、SIP.

1.前言

目前為止已經有許多的家庭自動化裝置，然而家庭自動化的使用率卻沒有想像的高，最主要的原因有下列幾種：

1、架構複雜且昂貴：依目前現有的系統架構通常會用一台個人使用的電腦網路來做管理，並且提供遠程訪問的功能。這將會提高了額外的系統複雜性，因此增加了整體的財政支出。

2、缺乏網路的互操作性：由於家庭網路和家庭自動化系統經常會有使用不同供應商的系統的狀況發生。這將會導致家庭環境異質網路組一個複雜的迷宮。而且這些網路和系統，它們的互操作性不大。

3、介面靈活度低：在現有的系統提供不同的方法，用戶能夠控制和監視連接的設備。這通常是限制在一個單一的控制方法，靈活度有限。

4、安全性問題：現有的方法並沒有相當重視安全問題，多個供應商的目的建立安全的設備之間的信息共享系統，不同的系統會有相互衝突的可能，這麼一來，會有一定程度的安全被忽視的問題。

而目前最廣為人知的無線感測網路(Wireless Sensor Networks, WSN)有藍芽(Bluetooth)、Wi-Fi、Zigbee.....等等，各種技術可在其擅長的領域中發揮最大效用。通常 Wi-Fi 針對影音串流、網頁瀏覽.....等等需要高頻寬的應用，但也因此，Wi-Fi 技術相當耗電，因此不適合用來建構無線感測網路。另外，Wi-Fi 的星狀拓撲比較容易產生可靠性問題，尤其不利在各種機器對機器(M2M)通訊應用；而藍芽(Bluetooth)則是在感測系統網路節點布建的數量上有所局限，且該技術亦也存在功耗的問題。

而 Zigbee 具有極低功耗的優勢，所以可以使用電池來長時間維持電力，一次可以支持裝置好幾年，另外 Zigbee 聯盟有制定一系列的協定，故有相當高的安全性，並且 Zigbee 可以在單一網路中支援數千的裝置，基於上列優勢，故使用 Zigbee 作為一個無線家庭網路的一個媒介。



圖 1. ZigBee 應用領域

目前 Zigbee 聯盟有制定了一系列的通訊協定，醫療設備照護、家庭自動化、遠端控制等等，家庭自動化主要就是以搭配擁有其應用之家電產品、電腦 PC 周邊與感測器等，提供家電感測、無線 PC 周邊控制、家電遙控等功能；在家庭自動化領域涵蓋有照明、溫度、安全、控制等，而

在醫療方面可以透過 ZigBee 的無線化和自動化技術來幫助醫護人員即時且準確的收集病人訊息和檢查結果，並同時降低看護人員之負擔和提高看護之品質，且如有攜帶 ZigBee 末端裝置的患者，不論身處在何處都可以 24 小時進行體溫、脈搏及目前位置等監控。

另外使用的 Asterisk 是一套以開放原始碼實作的用戶交換機，他與其他交換機系統一樣，支援使用電話來撥打至另一隻分機，以及可以撥打到公共交換機電話網與 IP 電話系統。

Asterisk 其中擁有了許多高價的商用交換機系統才具有的功能：語音信箱、多人會議、語音應答等等功能；Asterisk 支援許多常被使用的 IP 電話協定，包括會話發起協議(SIP)、Media Gateway Control Protocol(MGCP)以及 H.323，在本文中就是使用 SIP 協議來做一個通訊的作用

而在本文是以一個 Zigbee 的家庭自動化系統為主，並且將其與 Asterisk 做結合，將一個具有 Asterisk 的板子連結話機 OR 讓手機註冊進來，並且經由 SIP 傳送至 Zigbee Dongle，因此我們可以使用話機 OR 手機以撥打電話的方式對家電產品做控制。

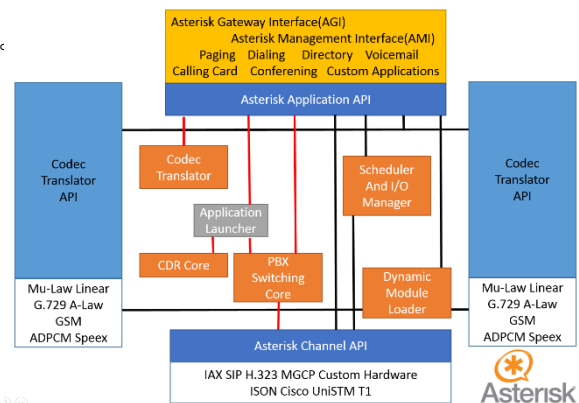


圖 2. Asterisk 堆疊架構

2. 原理及相關研究

2.1 IEEE 802.15.4 簡介

IEEE 802.15.4 所制定的是一種低成本的無線個人網路，適用於低耗電量和低速率無線網路傳輸，主要目標為易安裝、可靠的資料傳輸、低廉的價格、合理的電池壽命，操作簡易且具有

彈性。IEEE 802.15.4 主要支援：星狀或其他種類對等運作、動態位址、低耗電量、保證的時槽 (Guaranteed Time Slot)、支援回復協定以提高封包傳輸可靠度、CSMA/CA(Carrier Sense

Multiple Access/Collision Avoidance)通道、低延遲和低工作週期(Low duty cycle)，其中 CSMA/CA 通道主要是支援封包避免碰撞，而它使用兩種方法來避免封包碰撞，第一種是在資料送出前先聆聽網路狀態，等一段時間後，若無人使用，才送出資料，另一種方式則是在資料送出前送出一個 RTS(Request to Send)封包，等到目標端有回應再送出 CTS(Clear to Send)封包後才開始傳送。

由於無線環境，並不容易確實地偵測封包是否真的有碰撞，所以由不需要被動偵測 CSMA/CD 方式做修改，而改用適合於無線網路環境中主動避免封包碰撞 CSMA/CA 的技術，雖然 CSMA/CA 傳輸效率較差，但相對所需要的硬體成本比較低。

此外 ZigBee(圖 3)多媒體層(Media Access Control Layer,MAC)和實體層(Physical Layer,PHY)是使用國際電機電子工程協會(IEEE)所制定 IEEE 802.15.4 的標準。

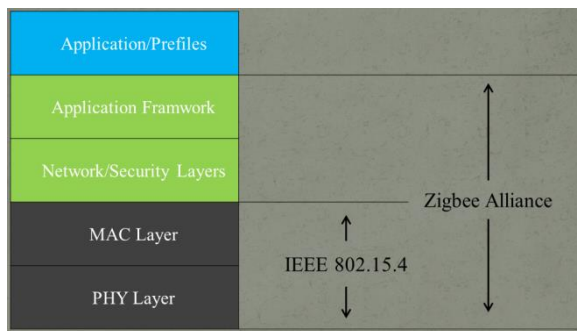


圖 3.ZigBee 層級架構

2.2 實體層(PHY Layer)

IEEE 802.15.4 在實體層主要工作為：啟動或關閉收發機、Channel 的選擇、頻道空間評估、回報通聯品質、頻道能量的偵測、傳送和接收封包等，並採用 Direct Sequence Spread Spectrum 的展頻方式直接序列展頻，它的基本原理是將所要發送的基頻訊號(Base Band)轉換並降低能量，再經由頻寬更寬的展頻訊號傳出去，這樣的機制與窄頻傳送大不相同，因其直接展頻的技術可相對提高對環境的抵抗能力。[3]另外，特別針對不同國家與區域使用不同的頻帶，分為三個頻段：2.4GHz、915MHz、868MHz，其中 2.4GHz 是適合全世界各國的頻段標準，而 868MHz 則是歐洲國家所採用，915MHz 則是為

美國地區，並且為了達到降低成本的目標，IEEE 802.15.4 從實體功能上可區分為完整功能裝置(Full Function Device,FFD)和精簡功能裝置(Reduce Function Device,RFD)兩種。

2.2.1 全功能裝置(FFD)

FFD 能夠和任何類型節點溝通運作，並可以支援任何網路拓樸，且主導所在的區域，類似於一個網路中的協調者(Coordinator)，然而，它必須擁有 IEEE 802.15.4 在 MAC Layer 所制定的功能。另外也因為提供完全性功能機制的節點，它需要大量的儲存裝置才能存取目前網路上各個節點的狀態，所以相對也會耗費較大的記憶體空間，此外還需要有穩定的電源供應電力。

2.2.2 精簡功能裝置(RFD)

比較於 FFD，RFD 只能和 FFD 做通訊，且無法成為區域網路上的協調者，不過所耗費的記憶體和電源也相對較小，由於 ZigBee 節點具有不工作時便會進入睡眠模式的特性，所以為了達到更好的省電效果，通常情況下都是以電池供電。

2.3 多媒體層(MAC Layer)

IEEE 802.15.4 在多媒體層主要工作為：信標(beacon)管理、檢查封包正確性、資料安全機制、使用 CSMA/CA 進行封包傳送、訊框傳送，其中，在封包傳輸安全上使用 AES-128bit 加密編碼的方式傳送，且因為使用 CSMA/CA 的方式傳輸，所以會先檢查通道是否有資料正在傳輸，除此之外，MAC Layer 採用 Superframe 的架構，因此採用此架構的稱為 Beacon-enable Network，反之稱為 Non-enable Network。

Superframe 是由 Coordinator 所發送出的兩個 Beacon 所夾的時間區段，分為 Active 區和 Inactive 區，而 Active 區又細分為 16 個 time slot，由競爭區間(CAP)和免競爭區間(CFP)所組成，而 Coordinator 只有在 Active 區才能和其他網路裝置進行資料傳輸和互動，Inactive 區則可以進入休眠或是睡眠模式以減少電源的消耗

2.4 ZigBee 堆疊介紹

由於目前有許多不同公司在 ZigBee 領域中都有各自的發展及技術，好比 TEXAS INSTRUMENTS(TI)、ATmel、Freescale、Jennic、ember..等，所以相對也有各自的產品和相對應的技術及套件，不過，在學術領域方面，目前大多則是使用 TI 公司所開發的 ZigBee 模組及套件作為研究和實作測試，因此，在本文也選用 TI

公司所推出的 IC 及套件軟體來實現醫療儀器之定位和電源偵測的目標。

ZigBee 堆疊主要是由不同的階層所構成，完整的堆疊如下圖 4 所示，其中 ZigBee 各層堆疊的服務是由兩種實體單元所提供，分別為資料實體(Data Entity,DE)和管理實體(Management Entity,ME)，而 DE 負責提供資料的傳輸服務，ME 則負責資料傳輸外的服務，此外，每一層實體則會透過 SAP 和上一層作為溝通。

此堆疊從最下層開始是由前文所描述的多媒體層(MAC)和實體層(PHY)為基礎所組成的，再往上則是由網路層(NWK)和應用層(APL)所構成。其中 NWK 層為此 ZigBee 堆疊架構的核心之一，這層所負責的主要功能為加入或離開網路、收尋路由路徑、將封包加密傳送至指定地址、傳送或接收封包資料等，另外，在 APL 層中是由四個子層所構成，分別為：應用框架層(AF)、ZigBee 物件裝置層(ZDO)、應用支援層(APS)、ZDO 管理層。

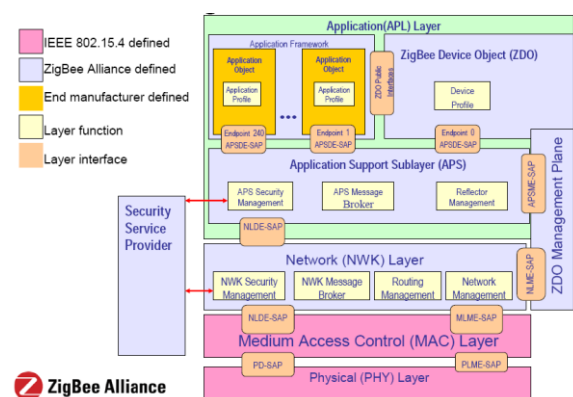


圖 4.ZigBee 堆疊架構

2.4.1 ZigBee Home Automation 標準

ZigBee Home Automation 是由 Zigbee Alliance 所制定提供的一個全球性的標準，讓 Zigbee 相關可完全互通，智慧家庭中的家電、照明、媒體、溫控、能源使用和安全領域的控制標準，只要是有合乎 HA 標準的設備都可以相互連結，同時也可連結 ZigBee Smart Energy 2.0 等其他 ZigBee 網路。

圖 5 為 Zigbee Alliance 所制定的一系列 ZigbeeHA 所會用到的 ClusterID，只要裝置間有支援相同的功能即可以相互做綁定動作。

- | | |
|--|--|
| <p>Generic</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ On/Off Switch ▪ Level Control Switch ▪ On/Off Output ▪ Level Controllable Output ▪ Scene Selector ▪ Configuration Tool ▪ Remote Control ▪ Combined Interface ▪ Range Extender ▪ Mains Power Outlet ▪ Door Lock ▪ Simple Sensor <p>Lighting</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ On/Off Light ▪ Dimmable Light ▪ Color Dimmable Light ▪ On/Off Light Switch ▪ Dimmer Switch ▪ Color Dimmer Switch ▪ Light Sensor ▪ Occupancy Sensor | <p>Closures</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Shade Controller ▪ Window Covering <p>HVAC</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Heating/Cooling Unit ▪ Thermostat ▪ Temperature Sensor ▪ Pump Controller ▪ Pressure Sensor ▪ Flow Sensor <p>Intruder Alarm Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ IAS Control and Indicating Equipment ▪ IAS Ancillary Control Equipment ▪ IAS Zone ▪ IAS Warning Device |
|--|--|

圖 5.ZigBeeHA ClusterID

2.4.2 裝置綁定(Device Bind)

當設備間想要相互控制時，則可以使用 Bind 的功能，控制端或被控端先發送一個綁定請求的訊息給 coordinator，於設定時間內(約 16 秒)另一個設備也需要發送發送一個綁定請求的訊息，經由 Coordinator 協調綁定之後，最後會回傳一個允許綁定訊息給雙方設備綁定後，控制端即可發送控制訊息給被控端，此綁定表雖然是紀錄於 Coordinator，但是即使有 Coordinator 被關閉的狀況，只要控制端與被控端都在啟動狀態，控制端依然可以控制被控端，假如要解除綁定，再重新發送一次綁定請求給 Coordinator 協調解除綁定即可。

2.5 IP 電話(VOIP)

VOIP 是一種透過網際網路或其他使用 IP 技術的網路，來實現新型的電話通訊。過去 IP 電話主要應用在大型公司的內聯網內，技術人員可以復用同一個網路提供數據及語音服務，除了簡化管理，更可提高生產力。隨著網際網路日漸普及，以及跨境通訊數量大幅飆升，IP 電話亦被應用在長途電話業務上。由於世界各主要大城市的通信公司競爭日劇，以及各國電信相關法令鬆綁，IP 電話也開始應用於固網通信，其低通話成本、低建設成本、易擴充性及日漸優良化的通話質量等主要特點，被目前國際電信企業看成是傳統電信業務的有力競爭者。

2.6 會話發起協議(SIP)

SIP(Session Initiation Protocol) 是一個由 IETF MMUSIC 工作組開發的協議，作為標準被提議用於建立，修改和終止包括視頻，語音，即時通信，在線遊戲和虛擬現實等多種多媒體元素在內的互動式用戶會話。

因 SIP 在應用層的協定，所以不需要改變作業系統依然可以支援，另外在 Asterisk 上他們有一個自訂的 IAX(Inter Asterisk eXchange)的一個協定，不過使用 SIP 有下列好處：

1. 擁有多數開放原始碼之軟體可供支援，並且 SIP 容易與 php 與 perl 語言搭配來實做各種更加方便的延伸功能。

2. SIP 為目前使用較為廣泛的協定，為了讓使用者及開發者可以快速熟練此系統之運作方式，同理 SIP 比起 H.323 等等之協定更為容易理解及實作。故我們使用 SIP 協定為標準來實現語音電話通訊的部分。

在一個標準的 SIP 協定通話流程下，UserA 與 UserB 先各自必須先註冊一個 SIP 帳戶，然後 UserA 在經由 Server 傳送通話邀請給 UserB，接下來 UserB 要回傳鈴聲給 UserA，假設 UserB 接起電話，則在回傳一個 OK 訊息到 UserA 接下來即可進行通話，最後要掛電話也要經過一個 Bye 與 Ack 的一個訊號，才算是一整個通話的結束。

3. 系統架構

在我們實現的架構上我們先將 Zigbee 及 Asterisk 的系統架構來分開討論，接著在做系統整合的分析。

3.1 Zigbee 系統架構

圖 6 為 Zigbee 的系統架構，我們使用 Raspberry Pi 以及 TI 之硬體來做開發，我們先以一個 Zigbee Dongle 來擔任 Coordinator 的角色，並且將其他 Router、End Device 等等裝置連接進來，有些比較遠的裝置也可以使用 Router 來分享網路，End Device 因可以使用電池並且不需要常時間開啟，故大部分都是開關類的裝置，然後經由綁定使 Zigbee Dongle 以及 End Device 可以控制 Router 燈光、窗簾等等的裝置，然後以 RS-232 來與 Raspberry Pi 板子做訊息收發，即可讓 Raspberry Pi 板子經由 Dongle 傳送訊息給 Device 進行開關功能。

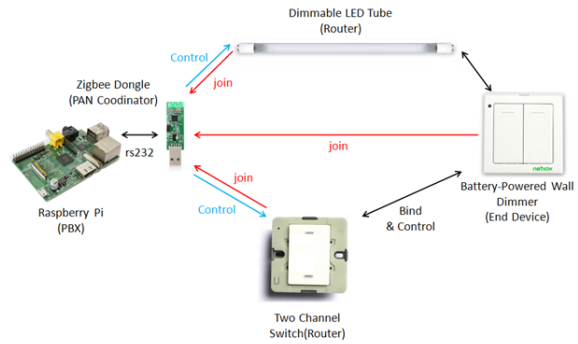


圖 6. ZigBeeHA 系統架構圖

3.2 Asterisk 系統架構

圖 7 則是 Asterisk 之簡略系統架構圖，在 Raspberry Pi 板子將 Asterisk 系統開啟，話機以及智慧型手機即可連結 Raspberry 註冊及登入 SIP 帳號，並且可以使用話機經由 PSTN 連結到電話網路與外界作通訊。



圖 7. Asterisk 系統架構圖

在話機連結使用的部分上，因為在公共交換電話網(Public Switched Telephone Network 或簡稱 PSTN)的(FXO(Foreign eXchange Office)與 FXS(Foreign eXchange Station)的部分暫時沒有適合的 Dongle 可以使用，所以我們是以 Linksys 的 SPA3000 網路電話(圖 8)連接電話機並且以 SIP 帳戶來登入來模擬話機使用來進行測試。



圖 8. SPA3000 網路電話

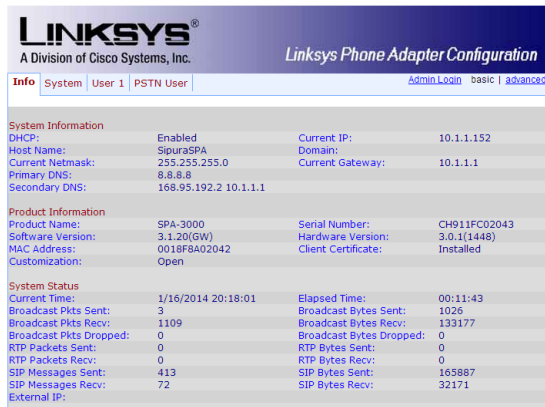


圖 9.SPA3000 一般登入頁面

使用網路連結 SPA3000 進入後就會看到畫面如圖 9，以一般使用者登入只能看基本資訊而且無法進行相關設定，使用 admin 登入後畫面則是如圖 10 可以設定 SIP、dialplan、PSTN 等等的設定。



圖 10.SPA3000 admin 登入頁面

3.3 Zigbee&Asterisk 整合系統架構

最後將上述兩種系統整合再一起，因為我們是暫時先使用 SPA3000 連結話機來模擬話機功能，形成一個如圖 11、圖 12 的系統架構，由 Zigbee CC2531 Dongle 主持一個 Zigbee 網路並經由 RS-232 與 Raspberry Pi 做通訊，然後在 Raspberry Pi 板上運行的 Asterisk 會建立 SIP 帳號讓 SPA3000 以及智慧型手機可以登入 SIP 帳號，在 SIP 帳號支援下，SPA3000 與智慧型手機也可以相互進行通話，然後我們會在幫 Zigbee Dongle 註冊號碼，讓 SPA3000 和智慧型手機可以經由那支號碼與 Zigbee Dongle 做通訊 SIP 帳號以及 Zigbee 裝置的設定部分下文會在多加敘述，接著再經由 Zigbee Dongle 與 Devices 進行命令執行開關等等功能，最後就形成了一個 Zigbee 以及 Asterisk 可以相互通訊控制的一個系統架構，沒有複雜的控制，使用者只要會撥打電話，就可以輕鬆可由遠端來控制這些家電

產品。

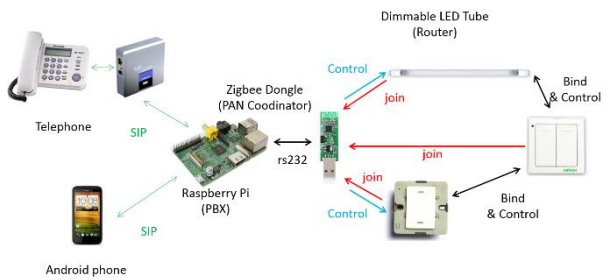


圖 11.ZigBeeHA&Asterisk 整合系統架構圖 1

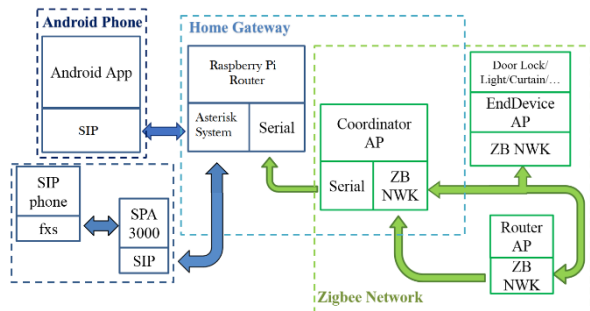


圖 12.ZigBeeHA&Asterisk 整合系統架構圖 2

4.系統實作分析及探討

在本文中 Zigbee 我們使用的是 TEXAS INSTRUMENTS(TI)公司開發出的 CC2530 以及 CC2531 晶片，另外 Asterisk 系統是使用 Element 14/Premier Farnell 和 RS Components 生產之 Raspberry Pi 硬體(圖 13)做開發，而 ZigbeeHA 裝置是購買大洋通信公司之設備，以下會介紹我們開發過程及問題探討：



圖 13.Raspberry Pi 開發版

4.1 Zigbee HA 開發

在 ZigbeeHA 的開發中，我們從大洋通信有限公司(NETVOX)買了數樣符合 Zigbee HA 標準的產品，日光燈、窗簾、開關、協調器...等等，本研究中使用的是 TI CC2530 開發板來加入他們的網路，在 ZigBee 網路系統部分為 TI 所開發的 Z-Stack，Z-Stack 為 TI 專門為 Zigbee 標準所開發的一套系統，並且嘗試與他們的裝置相互綁定並且控制，在這部份我們做了相當

多的嘗試,因為在 ZigbeeHA 的協定上是有包含加密的部分,而我們後面整理出來在網路加入部分需要符合下列條件:

1. 頻道符合:在 IEEE802.15.4 標準所定義出來的 2.4GHz 頻段共有 16 個頻道,而 Router 以及 Device 要加入必須要與 Coordinator 處在相同的頻道下才可以加入網路。
2. 加密:在大洋的 Zigbee Device 裝置上有使用了加密的部分,這在實際於家庭使用上也是有必要的,畢竟在公開的網路上會有加入別人網路或著被其他人加入網路的風險存在,所以有加密的必要,在 Zigbee 這邊是使用 AES128bit 的加密。

綁定及控制。



圖 16. ZigBeeHA 開關裝置



圖 14. ZigBee TI CC2530 開發版

我們一開始是先嘗試以無線路由器(AP-Router)經由 RS-232 連接至 Zigbee Dongle(圖 15),我們使用的 Dongle 為 TICC2531 USB Dongle,他與 CC2530(圖 14)的差別為,它有完整的 USB Host Device,所以可與有 USB 介面的裝置,並且可以利用 RS232 通訊協定進行資料的傳遞,其餘內部結構基本上與 CC2530 一樣。

之後再製作一個 Android App 讓我們可以使用智慧型手機經由 Wi-Fi 網路與 AP-Router 做通訊使其可以連接至 Zigbee Dongle 做控制。

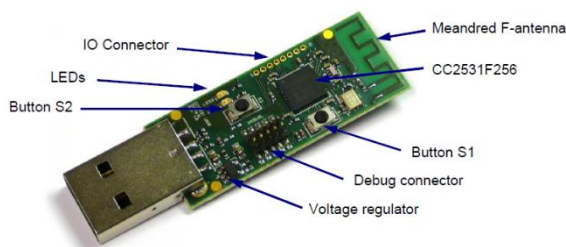


圖 15. ZigBee TI CC2531 Dongle

圖 16 是我們一開始所做的一個簡易控制架構,手機上的 AndroidAPP 也是我們自行開發製作的,可以使用手機或是開關 device 來進行

4.2 Asterisk 開發

在 Asterisk 開發的部分,我們在系統選擇上是使用 Raspberry Pi 一個開放下載的 linux 系統來做開發,並且該系統裡面也含有 Asterisk,在 Asterisk 有許多東西可以設定,圖 17 是在 Raspberry Pi 的 Asterisk 資料夾裡面的 conf 檔資訊,而其中我們主要先使用的是 Sip.conf 以及 extention.conf, Sip.conf 就是管理 SIP 帳號以及設定的主要部分,而 extention.conf 是設定撥號規則(dialplan)的一個部分,而詳細內容下面會加以分析。

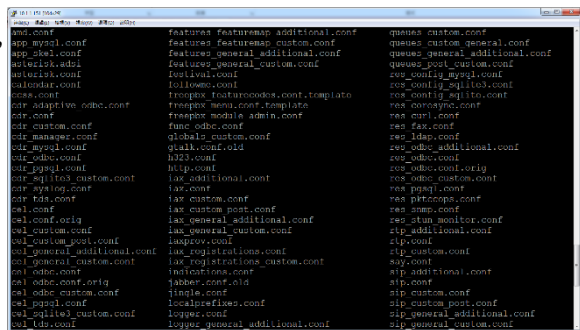


圖 17. Asterisk 系統檔案

在 Sip.conf 檔案裡註冊一個帳號有一個訂立的標準格式:

```
[general]
context=default
bindport=5060
bindaddr=0.0.0.0
disallow=all
allow=alaw
[3001]
username=3001
```

```

type=friend
secret=3001
context=test
host=dynamic
qualify=yes
auth=md5
fallthrough=yes

```

而 general 裡面所做的是所有 SIP 帳戶的設定，連接 port、通訊方式...等等，3001 是一個註冊 SIP 帳號的範例，而用戶必須要知道這個帳號的名稱以及密碼才可以登入這個帳號，context 是要使用的撥號規則(dialplan)，host 以及 qualify 則是伺服器端以及資格的設定。

另外 extention.conf 裡面做的撥號規則設定也有規範的一個格式：

```

[test]
exten=>3001,1,Dial(SIP/3001)
exten=>3002,1,Dial(SIP/3002)

```

以上就是一個最簡單的範例，當撥打 3001 這支號碼時，他便會經由 SIP 撥出給 3001 這個分機。

在 Asterisk 使用協定我們也有嘗試使用過其他譬如 IAX2 協定，不過如前文所提到的，SIP 有較普及的優勢，並且淺顯易懂，因此最後我們選擇了 SIP。

功能	一般SIP	整合系統
基本撥打功能	有	有
網頁設定	複雜	簡單
語音設定	複雜	簡單
Zigbee支援	無	有
操作難易	難	簡單

圖 18.SIP 系統比較

圖 18 為一般以及整合系統的 SIP 比較圖，可以看到我們整合之後可以支援 Zigbee 系統，雖然大部分的 SIP 都有內建網頁，但是通常設定方式都很複雜，為了讓使用者方便使用，我們自行設計架設網頁，這樣可以讓使用者更方便去設置語音及帳號等功能。

4.3 Zigbee 與 Asterisk 之整合實現

在 Zigbee 與 Asterisk 整合上，最主要的部份就是以 RS-232 來做通訊及控制，所以我們必須要制定一個撥號規則是用來進行 RS-232 通訊使用的，在撥號規則的設定上是可以使用系統

指令來進行控制的，在 RS-232 是基於這點進行的，在這部份我們可以有兩種選擇：

1:使用 linux 內建之系統指令直接對 RS-232 傳送訊息。

2:撰寫一個可傳送接收 RS-232 訊息的程式並且跑在系統後端或是於撥號時開啟程式進行通訊。

以上兩種方式，因為我們在做通訊時是使用 Asterisk 的權限而非系統 root 本身，所以必須將目標使用者權限變更為 Asterisk 所使用，這部分上面兩種方式都是相同的，使用 echo 指令的話，因為是系統指令，較為簡單且方便，但是只能做一個單向的傳輸，而無法接收等等的，而撰寫程式雖然較為複雜，但是可以擁有較多方面的一個通訊，而後如果要做一個雙向通訊或者是警報從 Zigbee Dongle 端傳送訊息至 Raspberry Pi 上都是可行的。

5.雜型系統

目前我們是使用較簡易的系統 echo 方式來對 RS-232 做訊息的傳輸，所以現在我們的系統上只能做一些最基本功能譬如綁定、開關，接下來我們打算先寫一個的 C 程式讓 RS-232 可以進行訊息收發的功能，並且在 Zigbee 部份我們預計要在設備上做一個警報的功能，使 Zigbee Device 可以在觸發警報的情況下傳送訊息給 Asterisk 並且經由 SIP 撥打至分機上，讓使用者知道裝置有被開啟或關閉，所以接下來要在系統後端製作一個程式使其隨時可以接收 RS-232 傳來的訊息並且進行處理。

我們目前是使用網頁來管理帳號，這樣未來使用者在使用時有辦法簡易的去進行帳號以及裝置的設定。

內／外線卡

內／外線卡				
索引	狀態	名稱	類型	功能
1	✘	line-1	fxo	編輯
2	✘	line-1	fxo	編輯
3	✘	line-1	fxo	編輯
4	✘	line-1	fxo	編輯
5	✔	line-1	fxo	編輯

系統設定	
國家	<input type="text" value="台灣"/>
CallerID類型	<input type="text" value="BellCore"/>

自訂鈴聲設定	
鈴聲1	<input type="text" value="未設定"/>

圖 19.fxo/fxs 設定頁面

圖 19 為(FXO(Foreign eXchange Office)和 FXS(Foreign eXchange Station)的設定,這台目前五條線路都是 FXO,另外可以在進行 caller ID、國家以及鈴聲的設定。

使用者狀態

狀態	名稱	IP-port	長撥群組	群組	可代辦群組	撥入模式	功能
未設定	1001	-none-	basic	1	1	撥掛	撥掛
未設定	1002	-none-	basic	1	1	撥掛	撥掛
未設定	1003	-none-	basic	1	1	撥掛	撥掛
未設定	1004	-none-	basic	1	1	撥掛	撥掛
上線中	3711	10.1.1.171	basic	1	1	自動撥管	撥掛
未設定	3730	-none-	basic	1	1	撥掛	撥掛
未設定	3071	-none-	basic	1	1	撥掛	撥掛
未設定	a12s	-none-	basic	1	1	撥掛	撥掛
上線中	3001	36.230.215.96	undefined	undefined	undefined	自動撥管	撥掛

圖 20.SIP 帳號設定頁面

圖 20 是 SIP 帳號的管理列表,可以看到有在線上的帳號 Asterisk 也會讀取到並且顯示出該帳戶的 IP、群組、撥號狀態...等等的設定。

ZigBee Device Setup

Device ID=B9BE

Setting	Description
Device Phone Number	Device Phone Number
Device Name	Device Name
<input type="button" value="Choose File"/> No file chosen	Sound of ON
<input type="button" value="Choose File"/> No file chosen	Sound of OFF

圖 21.Zigbee 裝置設定頁面

圖 21 是 Zigbee 裝置的設定頁面,目前會顯示該裝置的 Device ID 讓使用者知道是哪一個設備,未來預計會讓裝置回傳該裝置可以使用的 Cluster ID 等等訊息並且顯示出來以確認裝置的功能,設定的部份目前可以設定裝置名稱、號碼、On 及 Off 時會撥放的語音,圖 20 上的 Sound of ON 以及 Sound of OFF 就是設定開關時會撥放的語音,在 Zigbee Device 進行開關功能時,會回傳一個狀態訊號讓 Zigbee Dongle 知道現在狀態是開啟或是關閉,然後 Dongle 會再回傳給 Raspberry Pi 板子,最後會在回傳狀態語音給使用者,不然在一直重複撥打同一支號碼的狀況下會有忘記裝置現在是開還是關的狀況發生。



圖 22.離型系統環境

目前的裝置連結大約如圖 22 所示,並且可以經由話機傳送訊息至 Zigbee Dongle。

```

*CLI> == Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [3100@dsp:1] System("SIP/3002-00000002", "/workspace/dsp/rs232toast 2 on") in new stack
-- Executing [3100@dsp:2] Background("SIP/3002-00000002", "zigbee/open") in new stack
> 0x9727f0 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.1.1.155:16438
-- <SIP/3002-00000002> Playing 'zigbee/open.gsm' (language 'en')
-- Executing [3100@dsp:3] Hangup("SIP/3002-00000002", "") in new stack
== Spawn extension (dsp, 3100, 3) exited non-zero on 'SIP/3002-00000002'
[Mar 12 07:06:53] ERROR[17260][C-00000002]: cdr_csv.c:304 csv_log: Unable to re-open master file /workspace/run/var/log/asterisk/cdr-csv/Master.csv : Permission denied
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Executing [3200@dsp:1] System("SIP/3002-00000003", "/workspace/dsp/rs232toast 2 off") in new stack
-- Executing [3200@dsp:2] Background("SIP/3002-00000003", "zigbee/close") in new stack
> 0x9727f0 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.1.1.155:16440
-- <SIP/3002-00000003> Playing 'zigbee/close.gsm' (language 'en')
-- Executing [3200@dsp:3] Hangup("SIP/3002-00000003", "") in new stack
== Spawn extension (dsp, 3200, 3) exited non-zero on 'SIP/3002-00000003'
[Mar 12 07:07:03] ERROR[17279][C-00000003]: cdr_csv.c:304 csv_log: Unable to re-open master file /workspace/run/var/log/asterisk/cdr-csv/Master.csv : Permission denied

```

圖 23. Asterisk 運行訊息

目前我們註冊一個名稱為 3001 的帳號,並且設置 3100 將裝置開啟、3200 將裝置關閉,撥打時 Asterisk 顯示訊息如圖 23 所示,從途中可以看到帳號有經由號碼運行程式傳送訊息至 RS-232 並且有收到回傳訊息的話,會播放語音檔 open.gsm 與 close.gsm 並且掛斷電話,而沒收到回傳訊息的話則不會撥放開啟或關閉訊息而直接掛斷電話。

6. 結論

依目前的市場來看 Zigbee 以及智慧家庭相關設備雖然有很多的公司正在進行開發販賣,但是使用率卻依然尚未普及於市場上,在方便的家庭自動化系統上,最大的問題就是系統複雜且需要做麻煩的安裝,而現在我們使用簡易的網頁來進行安裝以及設定等等,並且經由 SIP 讓使用者可以直接用撥打電話的方式來進行控制,而且在 SIP 帳戶之間也可以互相撥打,相信撥打電話是一個不管是誰都會做的事情,而且不管是使用智慧型手機或者是一般電話話機都

可以進行控制。

雖然整體功能目前還相當的簡單，並且尚還有通訊上的問題，不過依我們目前來看它的優點及未來展望上是很有研究價值的。

參考文獻

- [1]邱冠傑，以 Zigbee 感測網路為基礎之智慧型 SIP 電話網路系統，國立成功大學工程科學系碩士論文，2006。
- [2]陳柏皓，基於 UPnP 與 ZigBee 的家庭自動化系統設計與實作 Design and Implementation of HomeAutomation System based on UPnP and ZigBee，國立台北大學自動化科技研究所碩士學位論文，2008。
- [3] Khusvinder Gill, Shuang-Hua Yang, Fang Yao, and Xin Lu, "A zigbee-based home automation system" IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 55, No. 2, MAY 2009
- [4]ZigBee.Allience,ZigBee.Specification,053474r06 Version 1.0,2005。
- [5] TI CC2530 Development Kit
<http://www.ti.com/tool/cc2530>
- [6]大洋通信有限公司(NETVOX)
<http://www.netvox.com.tw/gb5/comany.asp>